



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGIA

Oficina Española  
de Patentes y Marcas

REC'D 11 NOV 2003

WIPO

PCT

BEST AVAILABLE COPY

## CERTIFICADO OFICIAL

Por la presente certifico que los documentos adjuntos son copia exacta de la solicitud de PATENTE de INVENCION número PCT/ES03/00436 , que tiene fecha de presentación en este Organismo el 25 de Agosto de 2003.

Madrid, 27 de octubre de 2003

El Director del Departamento de Patentes  
e Información Tecnológica.

P.D.

CARMEN LENCE REIJA

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

# EJEMPLAR ORIGINAL

1/4

## PETITORIO PCT

Original (para PRESENTACIÓN) - Impreso el 25.08.2003 10:24:48 AM

PXWO00465/03

0	Para uso de la Oficina receptora únicamente	
0-1	Solicitud Internacional No..	<b>PCT / ESO 3 / 00 436</b>
0-2	Fecha de presentación internacional	<b>25 AGO 2003 (25.08.03)</b>
0-3	Nombre de la Oficina receptora y "Solicitud Internacional PCT"	<b>DEMANDE INTERNATIONALE PCT SOLICITUD INTERNACIONAL PCT</b>
0-4	Formulario - PCT/RO/101 Petitorio PCT	
0-4-1	Preparado usando	<b>PCT-EASY Version 2.92 (actualizado el 01.07.2003)</b>
0-5	Petición	
	El abajo firmante solicita que la presente solicitud internacional sea tramitada con arreglo al Tratado de Cooperación en materia de Patentes	
0-6	Oficina receptora (Indicada por el solicitante)	<b>Oficina Española de Patentes y Marcas (RO/ES)</b>
0-7	Referencia al expediente del solicitante o del mandatario	<b>PXWO00465/03</b>
I	Título de la invención	<b>HÉLICE, SISTEMA DE PROPULSIÓN CON HÉLICE Y NAVE CON SISTEMA DE PROPULSIÓN</b>
II	Solicitante	
II-1	Esta persona es:	<b>solicitante e inventor</b>
II-2	Solicitante para	<b>todos los Estados designados</b>
II-4	Nombre (APELLIDOS, Nombre)	<b>ROMERO VAZQUEZ, Juan, José</b>
II-5	Dirección:	<b>C/ Corredera, 6 21240 AROCHE (HUELVA) España</b>
II-6	Estado de nacionalidad	<b>ES</b>
II-7	Estado de domicilio	<b>ES</b>
IV-1	Mandatario o representante común; o dirección para la correspondencia	<b>mandatario</b>
	La persona identificada a continuación se nombra/ha sido nombrada para actuar en nombre del/de los solicitante(s) ante las administraciones internacionales competentes como:	<b>A. DAVILA BAZ 544/4 AA Nº Col. 580</b>
IV-1-1	Nombre (APELLIDOS, Nombre)	<b>DAVILA BAZ, Angel</b>
IV-1-2	Dirección:	<b>C/O CLARKE MODET &amp; CO. C/ GOYA, 11 28001 MADRID España</b>
IV-1-3	No. de teléfono	<b>+ 34 91 803 97 44</b>
IV-1-4	No. de telefax/móvil	<b>+ 34 91 806 56 10</b>
IV-1-5	Correo electrónico	<b>clarke@clarkemodet.com</b>

AS SUPRIMIDO POR RO



## PETITORIO PCT

PXWO00465/03

Original (para PRESENTACIÓN) - Impreso el 25.08.2003 10:24:48 AM

IV-2	Mandatario(s) adicional(es)	mandatario(s) adicional(es) con la misma dirección que el primer mandatario mencionado
IV-2-1	Nombre(s)	CALLE LOPEZ, Alejandro; AGUERO SOBRINO, Santos; CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel
V	Designación de Estados	
V-1	Patente regional (otros tipos de protección o de tramitación, si es posible hacerlo, están indicados entre paréntesis a continuación de la(s) designación(es) correspondiente(s))	<p>AP: GH GM KE LS MW MZ SD SL SZ TZ UG ZM ZW y cualquier otro Estado contratante del Protocolo de Harare y del PCT</p> <p>EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM y cualquier otro Estado contratante del Convenio sobre la Patente Euroasiática y del PCT</p> <p>EP: AT BE BG CH&amp;LI CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL PT RO SE SI SK TR y cualquier otro Estado contratante del Convenio sobre la Patente Europea y del PCT</p> <p>OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GQ GW ML MR NE SN TD TG y cualquier otro Estado que sea Estado miembro de la OAPI y que sea un Estado contratante del PCT</p>
V-2	Patente nacional (otros tipos de protección o de tramitación, si es posible hacerlo, están indicados entre paréntesis a continuación de la(s) designación(es) correspondiente(s))	<p>AE AG AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY BZ CA CH&amp;LI CN CO CR CU CZ DE DK DM DZ EC EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX MZ NI NO NZ OM PG PH PL PT RO RU SC SD SE SG SK SL SY TJ TM TN TR TT TZ UA UG US UZ VC VN YU ZA ZM ZW</p>
V-5	Declaración de designación precautoria Además de las designaciones efectuadas en los puntos V-1, V-2 y V-3, el solicitante efectuará también, en virtud de la Regla 4.9.b), todas las designaciones que estén permitidas con arreglo al PCT, salvo la(s) designación(es) del(de los) Estado(s) indicado(s) en el punto V-6 que sigue. El solicitante declara que esas designaciones adicionales están sujetas a confirmación y que cualquier designación que no se confirme antes de que expiren los 15 meses a partir de la fecha prioritaria se considerará retirada por el solicitante al expirar dicho plazo.	
V-6	Exclusión de las designaciones precautorias	NINGUNO

## PETITORIO PCT

PXWO00465/03

Original (para PRESENTACIÓN) - Impreso el 25.08.2003 10:24:48 AM

<b>VI-1</b>	<b>Reivindicación de prioridad de una solicitud nacional anterior</b>		
VI-1-1	Fecha de presentación	30 Agosto 2002 (30.08.2002)	
VI-1-2	Número	P200202000	
VI-1-3	País	ES	
<b>VI-2</b>	<b>Reivindicación de prioridad de una solicitud internacional anterior</b>		
VI-2-1	Fecha de presentación	08 Agosto 2003 (08.08.2003)	
VI-2-2	Número	PCT/ES03/00415	
VI-2-3	Oficina receptora PCT	ES	
<b>VI-3</b>	<b>Petición de documento de prioridad</b>		
	Se ruega a la Oficina receptora que prepare y transmita a la Oficina Internacional una copia certificada de la(s) solicitud(es) anterior(es) identificada(s) supra como punto(s):	VI-2	
<b>VII-1</b>	<b>Administración encargada de la búsqueda internacional elegida</b>	Oficina Española de Patentes y Marcas (ISA/ES)	
<b>VIII</b>	<b>Declaraciones</b>	Número de declaraciones	
VIII-1	Declaración sobre la identidad del inventor	-	
VIII-2	Declaración sobre el derecho del solicitante, en la fecha de presentación internacional, para solicitar y que le sea concedida una patente	-	
VIII-3	Declaración sobre el derecho del solicitante, en la fecha de presentación internacional, a reivindicar la prioridad de la solicitud anterior	-	
VIII-4	Declaración sobre la calidad de inventor (sólo para la designación de los Estados Unidos de América)	-	
VIII-5	Declaración sobre las divulgaciones no perjudiciales o las excepciones a la falta de novedad	-	
<b>IX</b>	<b>Lista de verificación</b>	número de hojas	fichero(s) electrónico(s) adjunto(s)
IX-1	Petitorio (incluidas las hojas de declaración)	4	-
IX-2	Descripción	17	-
IX-3	Reivindicaciones	3	-
IX-4	Resumen	1	EZABST00.TXT
IX-5	Dibujos	5	-
IX-7	TOTAL	30	
	<b>Elementos de acompañamiento</b>	documento(s) en papel adjunto(s)	fichero(s) electrónico(s) adjunto(s)
IX-8	Hoja de cálculo de tasas	✓	-
IX-9	Poder separado original	✓	-
IX-17	Disquete PCT-EASY	-	Disquete
IX-19	Figura de los dibujos que debe acompañar el resumen	1A	
IX-20	Idioma de presentación de la solicitud internacional	español	

## PETITORIO PCT

PXWO00465/03

Original (para PRESENTACIÓN) - Impreso el 25.08.2003 10:24:48 AM

X	Firma del solicitante, del mandatario o del representante común	
X-1	Nombre (APELLIDOS, Nombre)	
X-2	Calidad	

## PARA USO DE LA OFICINA RECEPTORA ÚNICAMENTE

10-1	Fecha efectiva de recepción de la presunta solicitud internacional	(25.08.03) 25 AGO 2003
10-2	Dibujos:	
10-2-1	Recibidos	RECIBIDOS
10-2-2	No recibidos	
10-3	Fecha efectiva de recepción, rectificadora en razón de la recepción ulterior pero dentro del plazo, de documentos o de dibujos que completan la presunta solicitud internacional	
10-4	Fecha de recepción, dentro del plazo, de las correcciones solicitadas según el Artículo 11(2) del PCT	
10-5	Administración encargada de la búsqueda internacional	ISA/ES
10-6	Transmisión de la copia para la búsqueda diferida hasta que se pague la tasa de búsqueda	

## PARA USO DE LA OFICINA INTERNACIONAL ÚNICAMENTE

11-1	Fecha de recepción del ejemplar original por la Oficina Internacional	
------	---	--

**PCT (ANEXO - HOJA DE CÁLCULO DE TASAS)**

PXWO00465/03

Original (para PRESENTACIÓN) - Impreso el 25.08.2003 10:24:48 AM

(Esta hoja no forma parte de la solicitud internacional y no cuenta como una de sus hojas)

0	Para uso de la Oficina receptora únicamente			
0-1	Solicitud internacional No..	<b>PCT / ESO 3 / 00 436</b>		
0-2	Sello con la fecha de la Oficina receptora	<b>25 AGO 2003</b>		
0-4	Formulario - PCT/RO/101 (Anexo)			
0-4-1	Hoja de cálculo de tasas PCT Preparado usando	<b>PCT-EASY Version 2.92 (actualizado el 01.07.2003)</b>		
0-9	Referencia al expediente del solicitante o del mandatario	<b>PXWO00465/03</b>		
2	Solicitante	<b>ROMERO VAZQUEZ, Juan, José</b>		
12	Cálculo de las tasas prescritas	importe de la tasa/multiplicador	Importes totales (EUR)	
12-1	Tasa de transmisión T	⇒	<b>62,74</b>	
12-2-1	Tasa de búsqueda S	⇒	<b>945</b>	
12-2-2	International search to be carried out by	<b>ES</b>		
12-3	Tasa internacional			
	Tasa de base (30 primeras hojas) b1	<b>444</b>		
12-4	Hojas restantes	<b>0</b>		
12-5	Cantidad adicional (X)	<b>10</b>		
12-6	Total de la cantidad adicional b2	<b>0</b>		
12-7	b1 + b2 = B	<b>444</b>		
12-8	Tasas de designación			
	Número de designaciones contenidas en la solicitud internacional	<b>97</b>		
12-9	Número de tasas de designación pagaderas (máximo de 5)	<b>5</b>		
12-10	Importe de la tasa de designación (X)	<b>96</b>		
12-11	Total de las tasas de designación D	<b>480</b>		
12-12	Reducción de tasa PCT-EASY R	<b>-137</b>		
12-13	Total de la tasa internacional (B+D-R) I	⇒	<b>787</b>	
12-14	Tasa por documento de prioridad			
	Número de documentos de prioridad solicitados	<b>1</b>		
12-15	Tasa por documento (X)	<b>25,1</b>		
12-16	Total de la tasa por documento de prioridad P	⇒	<b>25,1</b>	
12-17	TOTAL DE LAS TASAS PAGADERAS (T+S+I+P)	⇒	<b>1,819,84</b>	
12-19	Modo de pago:	<b>efectivo</b>		

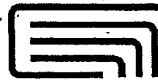
**LISTA DE VALIDACIONES Y OBSERVACIONES**

## PCT (ANEXO - HOJA DE CÁLCULO DE TASAS)

PXWO00465/03

Original (para PRESENTACIÓN) - Impreso el 25.08.2003 10:24:48 AM

13-2-3	Mensajes de validación Nombres	Verde? Solicitante 1.: Falta el No. de teléfono
		Verde? Solicitante 1.: Falta el No. de telefacsímile
13-2-7	Mensajes de validación Contenido	Verde? Prioridad 1: El documento de prioridad no se ha incluido. (el solicitante debe suministrarlo en el plazo de 16 meses a partir de la fecha de prioridad más antigua reivindicada)
13-2-1 0	Mensajes de validación Notas	Verde? No se ha indicado el nombre de la persona que firma el petitorio.



Clarke, Modet & Co

SPAIN

Goya 11, E-28001 (Madrid)-Spain-Tel:(34)918 065600-Fax:(34)918 065609/10-Email:clarke@clarkemodet.com

**AUTORIZACIÓN**

**POWER OF ATTORNEY**

El/La abajo firmante,

The undersigned,

ROMERO VAZQUEZ, Juan José

con domicilio en  
C/ Corredera, 6 21240 AROCHE (HUELVA)

with address at

autoriza indistintamente a

D. ANGEL DAVILA BAZ (544/4) y/o

D. ALEJANDRO CALLE LOPEZ (476/6) y/o

D. SANTOS AGÜERO SOBRINO (474/X) y/o

D<sup>a</sup>. ISABEL CARVAJAL Y URQUIJO (531/2)

Agentes Oficiales de la Propiedad Industrial, con facultad de delegación, o sustitución, para que en su nombre y representación, realicen ante la Oficina Española de Patentes y Marcas cuantas gestiones sean necesarias para

hereby appoints, indistinctly

Mr. ANGEL DAVILA BAZ (544/4) and/or

Mr. ALEJANDRO CALLE LOPEZ (476/6) and/or

Mr SANTOS AGÜERO SOBRINO (474/X) and/or

Ms. ISABEL CARVAJAL Y URQUIJO (531/2)

Official Intellectual Property Agents, with powers to delegate or substitute, so that, on his/her behalf and representation, may carry out before the Spanish Patent and Trademark Office all kinds of proceedings

Proceder al depósito y a la tramitación de una solicitud PCT, reivindicando prioridad de la solicitud española Nº 200202000 de fecha 30/8/2002 y de la solicitud PCT Nº PCT/ES03/00415 de fecha 8/8/2003 relativa a:

"HÉLICE, SISTEMA DE PROPULSIÓN CON HÉLICE Y NAVE CON SISTEMA DE PROPULSIÓN"

facultándoles a firmar y presentar instancias y documentos, satisfacer tasas, retirar notificaciones, certificaciones y títulos de propiedad, justificar explotaciones, modificar, renunciar, desistir o impugnar solicitudes, recurrir acuerdos, e interponer recursos administrativos relacionados con este expediente, e intervenir en general en todos sus trámites, hasta su terminación, sometiéndose a la competencia de los Jueces y Tribunales de Madrid respecto a cualquier reclamación sobre dicho asunto.

authorizing them to sign and file petitions and documents, pay official fees, collect notices, certificates and titles, justify exploitations, modify, renounce, desist or impugn applications, appeal decisions and file administrative appeals related with the present case and, in general, take action in its prosecution until its final resolution, subjecting the issue to the competence of the Courts and Tribunals of Madrid in respect of any complaint about the subject under consideration.

Firmado en Madrid

a 22 de Agosto de 2003

Firma original

Indicar nombre y cargo del firmante.

No precisa legalización.

Signed at

On

Original signature

Indicate name and position of signee.

No legalization required.

J. J. Romero

A. DAVILA BAZ 544/4

Nº Col. 580



## HÉLICE, SISTEMA DE PROPULSIÓN CON HÉLICE Y NAVE CON SISTEMA DE PROPULSIÓN

### CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La invención está relacionada con hélices, tales como las hélices navales, hélices aéreas y hélices de ventiladores para turborreactores

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 Las hélices de naves tradicionales comprenden una base o "cubo" desde el cual se extienden las palas de la hélice. Las palas comprenden un cuerpo de pala que presenta dos extremos, a saber, una "raíz de pala" o "pié de pala", que es donde la pala está unida a la base de la hélice, y un extremo opuesto que se denomina "punta de pala"; la punta de la pala corresponde al punto de separación entre un borde de entrada (o borde de ataque) de la pala, y un borde de salida (o borde de fuga) de la
- 15 pala; los términos entrada y salida se refieren al movimiento del fluido en el que está operando la hélice, con respecto a la hélice.

- Normalmente, una hélice está configurada para girar alrededor de un eje de giro, impulsada por un árbol motor unido al motor de la nave y que transmite el movimiento del motor a la hélice. La hélice está configurada de manera que al girar en
- 20 un sentido de giro "normal", impulsa la nave en una primera dirección "hacia delante" o "aguas arriba", correspondiente a la marcha en sentido hacia delante de la nave, a la vez que impulsa fluido en una segunda dirección opuesta a dicha primera dirección (en este documento, en el término "dirección" se incluye también el "sentido" de la dirección); la segunda dirección también se llama la dirección "aguas abajo". Tanto la
- 25 primera dirección como la segunda dirección son sustancialmente paralelas al eje de giro de la hélice.

- Las palas suelen tener una sección transversal alargada y curva, y se puede decir que cada cuerpo de pala presenta dos superficies principales, una cóncava que corresponde al intradós de la pala, y otra convexa que corresponde al extradós. Para
- 30 que la pala presente un buen rendimiento, la hélice debe girar en el sentido del intradós, de la pala, es decir, de manera que el intradós "impulse" el agua. Este sentido del giro es el que corresponde a la marcha "hacia delante" de la nave; si la hélice es girada en el sentido contrario, la nave da "marcha atrás" (con un peor rendimiento de la hélice, ya que es el extradós y no el intradós el que "impulsa" el
- 35 agua: en la marcha atrás, al girar la hélice en sentido contrario, el intradós que es

cóncavo y hace de extradós entra en pérdida ya que se desprende la capa límite, originando turbulencias lo cual empeora el rendimiento).

5 En las hélices convencionales o clásicas, las palas se extienden, en su extensión desde el pié de pala hasta la punta de pala, en una dirección ortogonal o perpendicular (o casi perpendicular) al eje de giro de la hélice. Esta es la configuración que originalmente se estableció con la intención de que el caudal de agua impulsado por la hélice fuese desplazado "aguas abajo" en una dirección sustancialmente paralela al eje de giro de la hélice y sustancialmente opuesta a la dirección de marcha hacia delante de la nave. A continuación, llamamos "hélices clásicas" a este tipo de hélices.

10 Existen algunas variantes de la comentada configuración tradicional o "clásica" de las hélices. Por ejemplo, en las embarcaciones de recreo que se usan actualmente, las palas pueden tener una cierta inclinación "aguas abajo", de manera que las palas se extienden, desde el pié hasta la punta de pala, en una dirección que, en un plano que incluye el eje de giro, forma un ángulo obtuso con la "primera dirección" comentada más arriba, es decir, con la dirección correspondiente a la dirección de marcha hacia delante de la nave. Dicho ángulo obtuso puede ser de entre 95 grados y 110 grados, correspondiente a una inclinación de las palas de unos 5-20 grados "hacia atrás" desde la posición convencional perpendicular al eje de giro de la hélice. Esta "inclinación" puede llegar a ser de 30 grados en algunas embarcaciones de altas prestaciones, y se conoce como "inclinación" ("rake") o "ángulo de caída hacia atrás". Esta inclinación "hacia atrás" o "aguas abajo" tiene como propósito el de reducir las vibraciones en el mecanismo de propulsión (en el árbol motor, etc.).

25 Por otra parte, se han desarrollado hélices navales en las que dicho ángulo de caída ("rake") no siempre es obtuso, concretamente, se conocen hélices en las que el ángulo puede ser de entre 85 y 110 grados (es decir, cuyas palas tienen un ángulo de caída de entre 5 grados aguas arriba y 20 grados aguas abajo, respecto a un plano perpendicular al eje de giro que pasa por el centro del cubo), en función de las condiciones de funcionamiento de cada motor y embarcación. Parece ser que la caída de 5 grados aguas arriba se ha efectuado para aumentar el equilibrio dinámico de la hélice en vacío (cuando sale del agua), en determinadas condiciones de navegación y giros. En el resto de hélices navales, en buques y en submarinos, las palas suelen ser perpendiculares al eje de giro de la hélice, o ligeramente inclinadas "hacia atrás" (= "aguas abajo"), para reducir las vibraciones.

35 En hélices aéreas, las palas suelen ser perpendiculares al eje de giro de la

hélice y, en algunos casos, con los extremos inclinados en sentido contrario a la rotación, para retrasar la aparición de ondas de choque.

5 En los rotores principales de helicópteros, las palas están sometidas principalmente a dos fuerzas, una aerodinámica paralela al eje del rotor, que corresponde a la sustentación debida a la pala, y otra dinámica debida al giro, que es la fuerza centrífuga. En un rotor articulado, suponiendo la pala rígida, ésta tomará la posición de equilibrio de las fuerzas anteriores, formando un cierto ángulo con el plano perpendicular al eje del rotor, llamado ángulo de conicidad. Normalmente, este valor es inferior a 8 grados, siendo el valor más frecuente el de 4 grados. En algunos tipos de rotores el ensamble de pala al cubo del rotor se efectúa con un ángulo teórico de conicidad, con objeto de disminuir el momento flector en pie de pala, de unos 4 grados, "aguas arriba".

Otras variantes de las hélices convencionales comentadas arriba se describen e ilustran en los siguientes documentos de patentes:

15 JP-A-58-126288 describe e ilustra a una hélice naval con un anillo de rectificación y con las palas principales inclinadas "hacia atrás", es decir, aguas abajo; las palas principales presentan una pala pequeña o lámina en su extremo, inclinada aguas arriba, cuya función principal es la de elevar el flujo generado por el anillo convergente 15, aumentando, según el documento, la fuerza de propulsión.

20 WO-A-91/07313 describe una hélice naval con palas que presentan en sus extremos dos pequeñas placas o aletas, una a cada lado, formando un ángulo de 90 grados con un plano perpendicular al eje de giro de la hélice, con el fin de disminuir el vórtice en punta de pala.

25 US-A-5176501 describe una hélice compuesta por un cuadrado o rombo de láminas, girado por (o que gira) un árbol que pasa por la diagonal del cuadrado o rombo.

US-A-1438012 describe una hélice de dos palas opuestas en forma de espiral.

30 US-A-283592 describe una hélice naval en la que la parte más periférica (más cerca de la punta) de cada pala está inclinada en el sentido de rotación de las palas, con el fin de reducir la acción centrífuga.

US-A-5890875 describe una hélice con palas establecidas a partir del doblado de una lámina, de manera que la lámina forme "lazos".

US-A-4664593 describe un ventilador con el extremo periférico de las palas doblado en el sentido de rotación del ventilador, con el fin de disminuir el ruido.

35 Un problema relacionado con las hélices convencionales, es decir, con las

hélices clásicas con las palas perpendiculares al eje de giro de la hélice o las hélices con las palas ligeramente inclinadas "hacia atrás" ("aguas abajo") con el fin de reducir las vibraciones, es que las hélices convencionales presentan un rendimiento relativamente bajo, debido a las pérdidas por vórtice en punta de pala, al flujo cruzado en el borde de salida de las palas y al resbalamiento. Este problema parece ser especialmente grave en hélices navales, donde el rendimiento muchas veces es de un 60%, lo cual significa que una gran parte de la potencia aportada por el motor se pierde, al menos en parte debido a los factores comentados. El objetivo de la invención es el de proporcionar una hélice y un sistema de propulsión de naves mediante hélice con pérdidas reducidas por vórtice en punta de pala y por flujo cruzado en el borde de salida, y con menor resbalamiento.

#### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Un primer aspecto de la invención se refiere a una hélice, que comprende:

una base (también muchas veces llamada "el cubo" de la hélice);

una pluralidad de palas, teniendo cada pala un primer extremo que está unido a la base (este extremo se suele conocer como la raíz o pié de pala) y un segundo extremo libre que define una punta de pala que separa un borde de entrada (también conocido como "borde de ataque") de la pala de un borde de salida (también conocido como "borde de fuga") de la pala;

estando la hélice configurada para girar alrededor de un eje de giro, impulsada por un árbol motor de una nave, con el fin de impulsar dicha nave en una primera dirección paralela al eje de giro y correspondiente a la dirección de marcha hacia delante de la nave, impulsando un fluido en una segunda dirección general opuesta a dicha primera dirección;

extendiéndose las palas en una tercera dirección desde el primer extremo hacia la punta de pala, siendo dicha tercera dirección la dirección en la que se extiende la sección de la pala en el plano que incluye el eje de giro y la punta de pala.

De acuerdo con la invención, dicha tercera dirección forma, en un plano que incluye el eje de giro, un ángulo agudo  $\alpha$  con dicha primera dirección,  $10^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$ .

Es decir, las palas "están inclinadas hacia delante" o "aguas arriba" (con respecto al eje de giro), es decir, no son perpendiculares al eje de giro o "inclinadas aguas abajo", como es el caso con las hélices convencionales comentadas más arriba. De esta manera, de acuerdo con la invención, la configuración inclinada de las palas establece una superficie o área de barrido de la hélice que corresponde a un cuerpo

que puede ser sustancialmente cónico o tronco-cónico y cuyo diámetro disminuye en la segunda dirección ("hacia atrás" o "aguas abajo").

La expresión "segunda dirección general" se refiere a la dirección "general" del caudal que "sale" de la hélice. Dicha segunda dirección es, de forma general, "hacia atrás" o "aguas abajo", aunque lógicamente haya turbulencias, etc., que hagan que algunas partes "individuales" del fluido puedan seguir otras trayectorias.

Preferiblemente,  $20^{\circ} \leq \alpha \leq 70^{\circ}$ , más preferiblemente,  $30^{\circ} \leq \alpha \leq 60^{\circ}$ , aún más preferiblemente,  $40^{\circ} \leq \alpha \leq 50^{\circ}$ . En una realización preferida,  $\alpha = 45^{\circ}$ .

La hélice puede tener sólo dos palas; por ejemplo, en motores fueraborda y en aviones se usan con frecuencia hélices de dos palas.

Sin embargo, la hélice puede también tener, al menos, tres palas; este tipo de hélices son muchas veces preferibles en barcos de desplazamiento y similares.

Preferiblemente, la hélice comprende, al menos, tres palas, preferiblemente distribuidas de forma equidistante alrededor de la base de la hélice.

Las palas pueden tener una configuración alargada en la dirección desde el primer extremo (pié de pala) hasta el segundo extremo (punta de pala).

Cada pala puede presentar un borde de entrada, situado aguas arriba de un borde de salida, extendiéndose tanto el borde anterior como el borde posterior sustancialmente en dicha tercera dirección, sustancialmente desde el primer extremo hasta el segundo extremo. La punta de pala separa el borde de entrada del borde de salida.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema de propulsión que comprende al menos una hélice de acuerdo con la invención y un árbol motor unido a la hélice de manera que el árbol motor pueda hacer girar la hélice alrededor de su eje de giro. El árbol puede girar impulsado por el motor de la nave que incorpora el sistema de propulsión.

El sistema de propulsión puede comprender una tobera situada de forma concéntrica alrededor del eje de giro de la hélice y envolviendo la hélice lateralmente, presentando dicha tobera un extremo anterior de entrada de fluido y un extremo posterior de salida de fluido. El uso de la tobera puede ser especialmente ventajosa en aplicaciones marinas.

Cada pala puede estar unida al árbol motor o a un elemento configurado como una prolongación axial del árbol motor, mediante un tirante de sujeción o mediante una pluralidad de tirantes de sujeción, que sirven para evitar que las palas se deformen o se desplacen debido a las fuerzas que actúan sobre ellas durante su uso.

Preferiblemente, cada tirante de sujeción está dispuesto de forma perpendicular (o sustancialmente perpendicular) con respecto al eje de giro de la hélice.

Preferiblemente, cada tirante de sujeción tiene forma de pala en posición de bandera para velocidad de crucero de la nave (de esta forma, los tirantes de sujeción no tienen efecto tractor a velocidad de crucero). Cuando los tirantes tienen forma de pala deben ser de perfil simétrico (con el intradós y el extradós convexos) para mínima resistencia aerodinámica.

El sistema de propulsión puede formar parte de un ventilador para un turborreactor, estando cada pala unida a una base de hélice que forma parte del árbol motor constituido por un rotor del turborreactor, estando cada pala unida a dicho rotor también mediante al menos un tirante de sujeción. La hélice puede estar rodeada, en sentido radial, por un conducto-carena.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a una nave que incluye un sistema de propulsión de acuerdo con la invención. El árbol motor del sistema de propulsión está unido a la máquina de la nave que es la que imparte el movimiento de giro al árbol motor. La nave puede ser una nave acuática, una nave submarina o una aeronave.

La opción menos costosa para la forma de las palas es que las palas en su totalidad desde la raíz hasta las puntas, es decir, a lo largo de toda su longitud, presenten una inclinación sensiblemente uniforme aguas arriba.

Para explicar con la mayor sencillez lo que ocurre, se va a analizar lo que sucede en una hélice con palas rectas, con  $\alpha=45$  grados (es decir, las palas están inclinadas 45 grados "hacia delante" o "aguas arriba"), funcionando en el agua a una profundidad considerable o en la atmósfera con un bajo número de revoluciones por minuto, sin ningún otro elemento adicional, sólo el cubo o base y las palas.

Con esta disposición inclinada de las palas, se ha comprobado que en cualquier fluido, el chorro o vena de fluido generada por la hélice no sigue en direcciones (y sentidos) divergentes aguas abajo a partir del área de barrido de la hélice, es decir, no sigue en direcciones perpendiculares a la superficie de barrido cónica de la hélice (no obstante, estas direcciones perpendiculares a la superficie de barrido cónica, son las direcciones reales de empuje de las palas sobre el fluido). De forma "a primera vista no lógica", tanto el caudal de entrada de fluido en la hélice como el caudal de salida de fluido siguen una dirección sustancialmente paralela al eje de giro de la hélice (para no complicar la explicación, se dice en este documento que la dirección es sustancialmente paralela al eje de giro, aunque en realidad la vena de

fluido tiene cierta convergencia en el sentido aguas abajo, igual que en el caso de la hélice clásica). De esta manera, se produce una deflexión del fluido respecto a las direcciones "a primera vista lógicas" que el fluido debiera seguir y que serían perpendiculares al área de barrido cónica (dando lugar a un chorro divergente desplazando una enorme cantidad de masa de fluido). Lo que ocurre en realidad es un fenómeno físico que puede llamarse "efecto fluido estático" o "efecto fluido externo" y con consecuencias similares en algunos aspectos (no en todos) al conocido "efecto suelo" en rotores de helicópteros, alas de avión o vehículos de colchón de aire, producido por la deflexión del fluido en el suelo. En el caso de la presente invención, la deflexión del fluido se produce en la misma área de barrido (y no en la tierra o el agua que siempre están a cierta distancia del área de barrido de las palas). Efectivamente, el derrame de la vena impulsada por la hélice es sustancialmente paralela al eje de la hélice, pues es por donde toda la masa de fluido impulsada por la hélice alrededor de su eje de giro encuentra menos resistencia para progresar su movimiento. Es, por lo tanto, la enorme resistencia que ofrece el fluido situado en las direcciones periféricas perpendiculares al área de barrido cónica, su inercia o momento lineal, el que obliga al caudal que sale de la hélice a seguir en la dirección sustancialmente paralela al eje de giro de la hélice. Hay por lo tanto una deflexión del chorro o caudal y, como se sabe, cuando un chorro sufre deflexión por un elemento exterior se incrementa la fuerza de reacción de la tobera, ala o rotor que genera el chorro, tanto más cuanto mayor es el ángulo de deflexión y mayor la proximidad de las palas al lugar donde se produce la deflexión. En el caso de la invención, la deflexión viene provocada no por el suelo o agua próximos, sino por el fluido en reposo o movimiento alrededor de la hélice, fuera de los límites de la estela o del volumen de control, que se comporta como una barrera sólida. Como es bien sabido, cuando la deflexión es provocada externamente, por un elemento externo al sistema en movimiento, se produce una disminución del ángulo de ataque inducido sobre las palas, con lo cual disminuye la resistencia inducida y aumenta la sustentación y por lo tanto la tracción y el rendimiento de la hélice. Esta disminución del ángulo de ataque inducido origina menores pérdidas por vórtice en punta de pala y por flujo cruzado en el borde de salida. La presión sobre el intradós de las palas aumenta por motivo de la deflexión; este fenómeno tiene una importante aportación positiva adicional que es disminuir las pérdidas marginales en punta de pala y de flujo cruzado en el borde de salida. La deflexión citada, aunque es real, es difícil de observar directamente, ya que a primera vista parece ser que el caudal, después de "pasar por" las palas, simplemente sigue en la misma dirección en la que

venía antes de llegar a la hélice. Sin embargo, teóricamente se puede comprender dicha deflexión, la cual corresponde al ángulo de inclinación de las palas "aguas arriba" respecto a un plano normal al eje de giro. Como se sabe, un cambio de dirección equivale a una aceleración del fluido, aceleración que hay que sumar a la aparente en dirección normal, es decir paralela al eje de giro. Por lo tanto, la tracción de la hélice se ve incrementada de acuerdo con el seno del ángulo de inclinación de las palas aguas arriba o el seno del ángulo de deflexión, que tienen el mismo valor. A este incremento se le puede llamar "flotabilidad". Si el ángulo mencionado es de 45 grados, el "coeficiente de flotabilidad" sería de 1,7 para la ecuación que establece la fuerza de empuje o tracción, con lo cual por este concepto la tracción se ve incrementada un 70% -a esto se debe el menor resbalamiento- y aparte de esto, como se ha explicado anteriormente, disminuye la resistencia inducida, con lo cual disminuye el par absorbido por la hélice aumentando de esta forma aún más el rendimiento. Hay que tener en cuenta que para un ángulo de ataque de 15 grados, la resistencia inducida es aproximadamente el triple que la parásita. También hay que tener en cuenta que en este caso, al contrario del efecto suelo, la deflexión se produce en la misma área de barrido de las palas, con lo cual el incremento de empuje por proximidad de la deflexión del chorro a las palas es máximo. La "flotabilidad" referida es con referencia a un sistema dinámico, es decir, mientras está funcionando con régimen permanente, interactuando la hélice y el fluido que la rodea.

En la ecuación que define el empuje o tracción de una hélice clásica (fuerza igual a densidad por caudal y por velocidad de salida menos velocidad de entrada del chorro:  $F = \rho Q(v_s - v_e)$ ), en la hélice de la presente invención y para obtener dicha fuerza habría que multiplicar también por la unidad más el seno del ángulo de inclinación aguas arriba de las palas, con lo cual para un ángulo de 45 grados habría que multiplicar por 1,7, para un ángulo de 30 grados por 1,5, etc.; estas cifras corresponderían al "coeficiente de flotabilidad".

Por lo tanto, la invención aumenta la potencia desarrollada (la tracción indicada anteriormente multiplicada por la velocidad de la nave).

Por otra parte, la potencia gastada es igual a potencia desarrollada más la energía cinética que en la unidad de tiempo se pierde en la estela (energía cinética igual a un medio de la densidad por el caudal y por el cuadrado de la velocidad de salida del chorro menos la de entrada). El rendimiento teórico es el cociente de la potencia desarrollada entre la potencia gastada; aunque la potencia desarrollada aumenta por el menor resbalamiento, el rendimiento es siempre inferior a la unidad,



puesto que siempre hay cierta energía cinética que se pierde en la estela. (Queda resuelta de esta forma la aparente paradoja de un rendimiento superior a la unidad —lo cual es imposible—, debido al extraordinario incremento de empuje; la teoría de la cantidad de movimiento empleada no proporciona una explicación exacta sobre el comportamiento de la hélice, pero entendemos que sirve como aproximación y, sobre todo, para explicar, de forma general, el por qué funciona).

El incremento de tracción o empuje que ofrece la hélice de la invención se mantiene para cualquier velocidad de la nave respecto a la hélice clásica (es decir, con respecto a la hélice con las palas perpendiculares al eje de giro de la hélice).

En algunas aplicaciones navales con hélices muy próximas a la superficie, para evitar vibraciones excesivas, la hélice puede preferiblemente estar alojada dentro de una tobera concéntrica a dicha hélice y que envuelve la hélice, en su extensión axial, desde los extremos libres o puntas de las palas, aguas arriba, hasta el doble de su distancia normal al extremo de las raíces o pies de dichas palas, aguas abajo; esta tobera tiene preferiblemente la parte anterior de la pared próxima a los extremos libres (las puntas) de las palas, es decir, su distancia radial con respecto a las palas es muy pequeña. Dicha tobera puede ser fija, es decir, unida al casco de la nave, o a la placa antivibración o a la cola en el caso de motores fueraborda. La longitud indicada para la tobera puede ser la mínima recomendable.

En las hélices navales, la componente de la fuerza centrífuga que tiende a flexionar las palas queda compensada por la reacción del chorro sobre el intradós de las palas, al ser la densidad del agua muy alta, y por la resistencia estructural de la hélice (las hélices navales suelen ser muy robustas).

En cambio, en hélices aéreas la componente de la fuerza centrífuga no se compensa por ninguno de estos dos factores, debido a la escasa densidad del aire (800 veces inferior a la densidad del agua). Por lo tanto es conveniente (o necesario) adoptar medidas adicionales, especialmente a la vista del mayor número de revoluciones por minuto y teniendo en cuenta la menor resistencia estructural a la flexión (aunque es posible que pudieran darse casos de hélices aéreas de pequeño diámetro normal y poca inclinación aguas arriba en los que, a bajas velocidades de rotación, se pudiera prescindir de elementos de refuerzo adicionales).

En aplicaciones aéreas como hélice tractora, cada pala puede estar unida, por el lado del extradós, a una prolongación del árbol motor, mediante uno o varios tirantes de sujeción (el árbol motor puede atravesar el cubo de la hélice y estar unido a él); dicha prolongación del árbol motor sería en el sentido aguas arriba; el diámetro de

dicha prolongación del árbol motor, así como el material, pueden ser los mismos que los del árbol motor.

En aplicaciones aéreas como hélice propulsora, en las que el motor va delante o aguas arriba con respecto a la hélice, cada pala puede estar unida, por el lado del extradós, al árbol motor, mediante uno o varios tirantes de sujeción. El árbol motor puede ser más largo de lo habitual para la hélice clásica, dando lugar a una mayor distancia entre el motor y la hélice.

En el caso de la hélice tractora, para obtener mayor rendimiento y disminuir la resistencia aerodinámica de los tirantes de sujeción, conviene que cada tirante de sujeción tenga forma de pala en posición de bandera para velocidad de crucero (es decir, el tirante de sujeción no tendría función tractora, sólo serviría para soportar la fuerza centrífuga de las palas de la hélice).

Para evitar o reducir vibraciones ocasionadas por una prolongación excesiva del árbol motor respecto a los cojinetes de bancada, conviene que los tirantes de sujeción sean perpendiculares a la prolongación del árbol motor, tanto si tienen forma de pala como si no la tienen.

En ventiladores para turborreactores, cada pala puede estar unida, por el lado del extradós, al rotor del turborreactor, mediante uno o varios tirantes de sujeción. Dicho rotor puede constituir el árbol motor y puede servir también directamente de base de hélice. Los tirantes de sujeción pueden estar unidos por su raíz a distintos discos del rotor del turborreactor, y dicho rotor puede disponer de múltiples juegos de palas con sus correspondientes tirantes a lo largo de su longitud, estando las raíces de los diferentes juegos de palas fijadas a respectivos discos del rotor del turborreactor. Tanto las palas como los tirantes pueden estar rodeados por un conducto carenado fijo.

En los ventiladores o "fan" puede ser conveniente que cada tirante de sujeción tenga forma de pala, en posición de bandera para velocidad de crucero. Los tirantes de sujeción son preferiblemente fijos.

Las raíces de las palas y de los tirantes pueden estar unidas a los discos del rotor del turborreactor por el sistema de bulón frenado. De acuerdo con el sistema de bulón frenado, las raíces se introducen en un alojamiento o canal en la periferia de un disco del rotor y se sujetan radialmente mediante un bulón con retención axial.

Las condiciones de optimización de esta hélice son las siguientes: el diámetro normal, el paso geométrico, la proyección normal de la superficie de las palas, es decir, la proyección sobre un plano perpendicular al eje de giro y las revoluciones por

minuto, tienen el mismo valor cuantitativo que en la hélice clásica correspondiente para el mismo motor, la misma reducción al árbol de salida y prestaciones de la nave con un incremento de resistencia correspondiente al incremento de empuje (entendiéndose por hélice clásica la que tiene las palas perpendiculares al eje de giro);

5 la longitud de cada pala es igual a la longitud de la pala convencional dividida por  $\sin\alpha$ , y la superficie de cada pala es igual a la superficie de la pala clásica dividida por  $\sin\alpha$ , respecto a la pala convencional correspondiente para el mismo motor, la misma reducción al árbol de salida y prestaciones de la nave con un incremento de resistencia correspondiente al incremento de empuje.

10 Entre los conceptos de diámetro normal y longitud de pala, así como entre proyección normal de la superficie de las palas y superficie de pala, hay correspondencia pero no significan lo mismo. Aunque la proyección normal, es decir, la proyección de la superficie de las palas sobre un plano perpendicular al eje de giro de la hélice, es la misma que en el caso de poner una hélice clásica al mismo motor, debido a la inclinación aguas arriba su longitud es mayor para el mismo diámetro  
15 normal y por lo tanto su superficie también lo es; aunque el diámetro normal es el mismo, como la dirección del flujo es sensiblemente paralelo al eje de giro de la hélice, aumenta el factor de solidez puesto que el recorrido de una molécula de fluido sobre el intradós y el extradós de las palas es mayor; para 45 grados el recorrido se incrementa  
20 aproximadamente un 41%. Como se sabe, el factor de solidez es la relación entre la superficie de las palas y el área de barrido.

En la literatura técnica una pala se divide en raíz o pié de pala, cuerpo y punta de pala –algunas veces a este último sector de pala se le denomina extremo de pala-. La punta de pala es el punto extremo que separa el borde de entrada (o "borde de  
25 ataque") del borde de salida (o "borde de fuga") de cada pala, de acuerdo con el movimiento relativo del fluido sobre las palas.

Si las palas estuvieran inclinadas aguas abajo no se produciría la deflexión del chorro por causa de un agente externo al sistema en movimiento –aire o agua que lo rodea-, sino por convergencia del propio chorro con un incremento de velocidad, lo  
30 que significaría mayores pérdidas en la estela por el incremento de energía cinética; el "coeficiente de flotabilidad" sería inferior a la unidad; en el caso de la hélice clásica, su valor es la unidad.

Las ventajas de la invención son, por lo tanto, un aumento considerable de la tracción y del rendimiento de la hélice naval, aérea o ventilador de turborreactor, para  
35 la misma potencia empleada, es decir gastada, con la consiguiente disminución del

consumo específico de combustible. En la carrera de despegue de los aviones, tenemos para 45 grados de inclinación "aguas arriba" de las palas, un 70% más de empuje para la misma potencia gastada, lo cual es importante, dado que es cuando más se necesita el empuje. En cuanto a la arrancada en lanchas o buques, el incremento de tracción es menor, debido a la pérdida de carga en la tobera. (Esto sin tener en cuenta la disminución de resistencia inducida, que hace que aumente el rendimiento e indirectamente el empuje en la potencia desarrollada.)

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con unas realizaciones de dicha invención que se presentan como ejemplos ilustrativos y no limitativos de ésta.

15 La figura 1A es una representación esquemática de una hélice vista de lado, adecuada para, por ejemplo, submarinos (cuya función principal sea navegar sumergidos), con palas inclinadas en un ángulo de 45 grados aguas arriba, respecto a un plano perpendicular al eje de giro.

20 La figura 1B es una representación esquemática análoga a la figura 1A, pero representando la sección o corte de una de las palas, en el plano que incluye el eje de giro y la punta de pala.

La figura 1C es una representación esquemática de la hélice ilustrada en la figura 1A, pero vista de frente desde aguas abajo

La figura 2 es una representación en corte de una de las palas de la figura 1A.

25 La figura 3 es una representación esquemática de una hélice con dos palas sobre la cual se ilustran vectores que representan la fuerza centrífuga y la presión, así como sus componentes.

La figura 4 es una representación esquemática de palas con planta rectangular funcionando en dos posiciones distintas, la primera (la de la izquierda) como en la clásica (perpendicular al eje de giro) y la segunda (la de la derecha) inclinada con un ángulo de 45 grados aguas arriba; en ambas posiciones se representa la trayectoria de una molécula de fluido sobre la superficie de las palas.

La figura 5 es una representación esquemática de una hélice montada en un motor fueraborda, vista de lado y con tobera.

35 La figura 6 es una representación esquemática de la estructura ilustrada en la figura 5, pero vista de frente desde aguas abajo.

La figura 7 es una representación esquemática de una hélice aérea con dos palas y cubo formando una sola pieza, vista de lado, con sus tirantes de sujeción.

La figura 8 es una representación esquemática de la hélice con su estela de deslizamiento y la distribución de velocidades, en dos secciones a una cierta distancia de ella; se indican el ángulo de inclinación de las palas y el ángulo de deflexión del flujo que pasa por la hélice.

La figura 9 es una representación esquemática de un ventilador para turborreactores de doble flujo, visto de lado, representándose sólo dos de las múltiples palas, con sus correspondientes tirantes de sujeción.

### DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PREFERIDAS DE LA INVENCION

Las figuras 1A-C, 5, 7 y 9 reflejan diferentes hélices de acuerdo con la invención, que comprenden:

una base 2, 15 (en la figura 9, dicha base forma parte integral del rotor 21 de un turboreactor);

una pluralidad de palas 1, 14 alargadas, teniendo cada pala un primer extremo 1A, 14A que está unido a la base y un segundo extremo libre que define una punta de pala 1B, 14B que separa un borde de entrada (o "borde de ataque") 1C, 14C de la pala de un borde de salida (o "borde de fuga") 1D, 14D de la pala.

Cada hélice está configurada para girar sobre un eje de giro 100, impulsada por un árbol motor de una nave, con el fin de impulsar dicha nave en una primera dirección D1 paralela al eje de giro 100 y correspondiente a la dirección de marcha hacia delante de la nave, impulsando un fluido en una segunda dirección D2 general opuesta a dicha primera dirección. Las palas se extienden en una tercera dirección D3 desde el primer extremo 1A, 14A hacia la punta de pala 1B, 14B. Tal y como se ilustra de forma esquemática en la figura 1B, dicha tercera dirección corresponde a la dirección en la que se extiende el corte o sección 1E de la pala en el plano que incluye el eje de giro 100 y la punta de pala 1B.

De acuerdo con la invención, dicha tercera dirección D3 forma, en un plano que incluye el eje de giro 100, un ángulo agudo  $\alpha$  con dicha primera dirección D1,  $10^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$ . Concretamente, en las figuras,  $\alpha = 45$  grados. Dicho de otro modo, las palas están inclinadas "aguas arriba" con un ángulo de  $(90^\circ - \alpha)$ , en este caso, con 45 grados, si las comparamos con las palas "clásicas" perpendiculares al eje de giro.

En las figuras 1A-1C se observa una hélice adecuada para, por ejemplo, un submarino, cuyas palas 1 están inclinadas aguas arriba 45 grados, como indica la

línea de referencia 3 y la tercera dirección D3 que forma un ángulo  $\alpha=45$  grados con una primera dirección D1 que corresponde a la dirección de marcha hacia delante de la nave. Las palas 1 están unidas a un cubo o base 2 montada en el árbol motor (no ilustrado en las figuras 1A-1C) mediante un perno de fijación 7; la pala superior en la figura presenta el extradós 4 y la pala inferior el intradós 5; el soporte 6 de la base de la hélice llega cerca del plano de gravedad de las palas, con lo cual se aumenta el equilibrio dinámico. El cojinete de apoyo del árbol de la hélice está dentro del soporte 6, integrado en el casco 8 de la nave, tal y como se ve en la figura. El cojinete puede ser sólo radial o radial y axial si no existe otro axial en el interior. En las figuras 1A-1C sólo se representan dos palas opuestas, para no complicar el dibujo. Normalmente, es preferible que la hélice tenga, al menos, tres palas. En las figuras 1A y 1B, las flechas D4 y D2 indican el sentido del chorro o vena de agua que mueve la hélice, antes y después de pasar por la hélice, respectivamente. En la figura 1C, la flecha 200 indica el sentido de giro de la hélice.

En la figura 2 se observa el intradós 5 de superficie cóncava y el extradós 4 de superficie convexa; la figura está orientada en el plano de acuerdo con la figura 1A, por lo que arriba a la izquierda en la figura 2 queda el borde de entrada (o de ataque) 1C y abajo a la derecha queda el borde de salida (o de fuga) 1D de la pala 1.

En la figura 3 se observa la representación vectorial de la fuerza centrífuga F y sus dos componentes, una perpendicular a la pala F2 que origina las tensiones de flexión y la otra en la misma dirección que la pala F1 que origina tensiones de estiramiento, con el mismo módulo, puesto que la inclinación de las palas es de 45 grados. También se observa la representación del vector de presión P de la hélice, su componente efectiva P1 y la otra componente P2; la fuerza P está referida a la presión estática sobre el área cónica de barrido de las palas.

En la figura 4 se observa la trayectoria de una molécula de fluido sobre la superficie de palas de planta rectangular, tanto en el caso de una pala 1' no inclinada (es decir, una pala de una hélice clásica de acuerdo con lo anteriormente comentado) (este caso corresponde a la trayectoria desde A hasta B); como en el caso de una pala 1'' de una hélice de acuerdo con la invención, inclinada 45 grados (este caso corresponde a la trayectoria desde A1 a B1). Tal y como se puede comprobar, en el segundo caso el recorrido (A1-B1) es exactamente la diagonal de un cuadrado que tiene como lado el recorrido (A-B) de la molécula en el primer caso. Por lo tanto, el factor de solidez aumenta.

En las figuras 5 y 6 se observa una hélice montada en fueraborda con tobera

cilíndrica 9 y con placa antivibración 11; la tobera cilíndrica 9 se une a la placa antivibración 11 por medio de pernos 12 que atraviesan la placa antivibración y se alojan en pitones 10 soldados a la tobera. La placa antivibración 11 está integrada en una cola 13 de un motor fueraborda. En la figura 5 las flechas D2 indican el sentido del agua que ha pasado por la hélice y en la figura 6 la flecha 200 indica el sentido de rotación de la hélice. (Las demás referencias numéricas corresponden a elementos análogos a los que ya se han comentado en relación con la figura 1A)

En la figura 7 se observa una hélice aérea con las palas 14 aéreas (con sus respectivos bordes de entrada 14C y bordes de salida 14D), presentando la pala de arriba el extradós 4 y la de abajo el intradós 5; también se observa el cubo o base 15 de la hélice, el árbol motor 16, una pletina de conexión 17 del árbol, una prolongación 18 del árbol motor que atraviesa el cubo 15, tirantes de sujeción 19 (que pueden ser cilindros de acero macizo de alta resistencia a la tracción), y pernos con tuercas 20 que unen el cubo o base 15 de la hélice a la pletina 17 del árbol motor. En el árbol motor 16, la flecha 300 indica el sentido de giro (correspondiente a marcha hacia delante); las otras cuatro flechas D2 y D4 indican la dirección y el sentido del chorro de aire que pasa por la hélice, después y antes de pasar por la hélice, respectivamente. Los tirantes de sujeción 19 pueden tener los extremos "externos" en forma de tronco de cono, con una base mayor situada en los extremos y una base menor con el mismo diámetro que los tirantes, estando estos extremos troncocónicos alojados en respectivos alojamientos troncocónicos practicados en las palas. Naturalmente, para disminuir la resistencia aerodinámica de los extremos cónicos, éstos se pueden mecanizar para integrar su superficie en el intradós de las palas. Los tirantes de sujeción pueden estar unidos a la prolongación 18 del árbol motor mediante pasadores frenados (no ilustrados en la figura). Si se desea disminuir la resistencia aerodinámica y el ruido, cada tirante puede tener forma de pala de hélice con perfil simétrico, con la cuerda con el mismo valor a lo largo de toda la longitud del tirante e igual al diámetro de la base menor del tronco de cono periférico, para que se pueda entrar el tirante a través de la pala y con dichos tirantes en forma de pala fijados en posición de bandera para velocidad de crucero, es decir, sin función tractora.

En la figura 8, se observa una representación esquemática de las palas aéreas 14 de la figura anterior, así como del árbol motor 16; también se observa el ángulo de inclinación C (complementario al ángulo  $\alpha$ ) de las palas aguas arriba respecto al plano perpendicular o normal al árbol motor y que pasa por el centro del cubo o base de la hélice. También se representa el ángulo de deflexión D entre una línea perpendicular a

la pala y otra línea paralela al eje de giro de la hélice, en un mismo plano. Se observa que tanto el ángulo de inclinación C de las palas aguas arriba como el ángulo de deflexión D del fluido, son siempre iguales (y complementarios al ángulo  $\alpha$ ); en este caso concreto son de 45 grados. El ángulo de deflexión está formado por una línea paralela al eje de giro y por la dirección que seguiría el chorro de fluido a partir del área de barrido, si no se diera el referido "efecto fluido externo" (es decir, siguiendo unas direcciones perpendiculares al área cónica de barrido). Sin embargo, en realidad y de acuerdo con lo que se ha comentado más arriba, el fluido es obligado a un derrame sustancialmente paralelo al eje de giro, en la llamada "segunda dirección D2". La "deflexión" como tal no se observa puesto que el fluido lleva la misma dirección antes y después del área de barrido, pero de hecho existe. En realidad, el ángulo de deflexión D no es exactamente el que se ilustra en la figura 8 sino que es un poco mayor que el ángulo de inclinación C de las palas, debido a que existe cierta convergencia del fluido, tal y como se puede observar en la superficie límite E de la estela. No obstante, para simplificar la explicación y cálculos, se puede optar por considerar que los ángulos C y D son aproximadamente idénticos y que la dirección del chorro de fluido después (aguas abajo) de la hélice es sustancialmente paralela al eje de giro.

En la figura 9 se observan las palas aéreas 14 con sus tirantes de sujeción 19 montadas en el rotor 21 del turborreactor (sólo se representan dos de las múltiples palas que lleva el mecanismo, para mayor simplicidad y claridad del dibujo). El conducto-carena 22 rodea las palas, con la misión de reducir la velocidad del aire que llega al ventilador, al ser divergente respecto al sentido de la corriente. También se representa esquemáticamente el compresor axial 23. Tanto las raíces de las palas 14 como las raíces de los tirantes de sujeción 19 conviene que estén ancladas en los discos del rotor por el sistema de bulón frenado, que es uno de los sistemas que se usan en la actualidad para este tipo de mecanismos.

Los tirantes de sujeción 19 son especialmente convenientes en aplicaciones aéreas. Sin embargo, en hélices de pequeño diámetro normal, bajas revoluciones y hasta 15 grados de inclinación (es decir, con  $\alpha \geq 75^\circ$ ), es probable que no hagan falta tirantes. Los ventiladores para turborreactores corresponden a una aplicación particular de las hélices aéreas.

Los materiales, tamaño, forma y disposición de los elementos serán susceptibles de variación, siempre y cuando ello no suponga una alteración del concepto básico de la invención.



A lo largo de la presente descripción y reivindicaciones la palabra "comprende" y variaciones de la misma, como "comprendiendo", no pretenden excluir otros componentes.

## REIVINDICACIONES

1.- Una hélice, que comprende:

una base (2, 15);

5 una pluralidad de palas (1, 14), teniendo cada pala un primer extremo (1A, 14A) que está unido a la base y un segundo extremo libre que define una punta de pala (1B, 14B) que separa un borde de entrada (1C, 14C) de la pala de un borde de salida (1D, 14D) de la pala;

estando la hélice configurada para girar alrededor de un eje de giro (100), impulsada por un árbol motor de una nave, con el fin de impulsar dicha nave en una  
10 primera dirección (D1) paralela al eje de giro (100) y correspondiente a la dirección de marcha hacia delante de la nave, impulsando un fluido en una segunda dirección (D2) general opuesta a dicha primera dirección (D1);

extendiéndose las palas (1, 14) en una tercera dirección (D3) desde el primer extremo (1A, 14A) hacia la punta de pala (1B, 14B), siendo dicha tercera dirección  
15 (D3) una dirección en la que se extiende una sección (1E) de la pala en un plano que incluye el eje de giro (100) y la punta de pala;

caracterizada porque

dicha tercera dirección (D3) forma, en un plano que incluye el eje de giro (100), un ángulo agudo  $\alpha$  con dicha primera dirección (D1),  $10^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$ .

20

2.- Una hélice de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque  $20^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$ .

3.- Una hélice de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada porque  $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ .

25

4.- Una hélice de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque  $40^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$ .

5.- Una hélice de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada porque  $\alpha = 45^\circ$ .

30

6.- Una hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque tiene dos palas (1, 14).

7.- Una hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizada porque comprende, al menos, tres palas (1, 14).

35

8.- Una hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque las palas tienen una configuración alargada en la dirección desde el primer extremo (1A, 14A) hasta el segundo extremo.

- 5 9.- Una hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque cada pala presenta un borde de entrada (1C, 14C), situado aguas arriba de un borde de salida (1D, 14D), extendiéndose tanto el borde de entrada como el borde de salida sustancialmente en dicha tercera dirección (D3), sustancialmente desde el primer extremo hasta el segundo extremo.
- 10 10.- Un sistema de propulsión, caracterizado porque comprende al menos una hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9 y un árbol motor (16) unido a la hélice de manera que el árbol motor (16) pueda hacer girar la hélice alrededor de su eje de giro (100).
- 15 11.- Un sistema de propulsión según la reivindicación 10, caracterizado porque adicionalmente comprende una tobera (9) situada de forma concéntrica alrededor del eje de giro (100) de la hélice y envolviendo la hélice lateralmente, presentando dicha tobera un extremo anterior de entrada de fluido y un extremo posterior de salida de fluido.
- 20 12.- Un sistema de propulsión según cualquiera de las reivindicaciones 10 y 11, caracterizado porque cada pala (14) está unida al árbol motor o a un elemento configurado como una prolongación axial del árbol motor (18, 21), mediante al menos un tirante de sujeción (19).
- 25 13.- Un sistema de propulsión según la reivindicación 12, caracterizado porque cada pala está unida al árbol motor o a un elemento configurado como una prolongación axial del árbol motor (18, 21), mediante al menos dos tirantes de sujeción (19).
- 30 14.- Un sistema de propulsión según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, caracterizado porque cada tirante de sujeción (19) está dispuesto de forma perpendicular con respecto al eje de giro (100) de la hélice.
- 35 15.- Un sistema de propulsión según cualquiera de las reivindicaciones 12-14, caracterizado porque cada tirante de sujeción tiene perfil simétrico y forma de pala en

posición de bandera para velocidad de crucero de la nave.

- 5 16.- Un sistema de propulsión según cualquiera de las reivindicaciones 12-15, caracterizado porque forma parte de un ventilador para un turborreactor, estando cada pala (14) unida a una base de hélice que forma parte del árbol motor constituido por un rotor (21) del turboreactor, estando cada pala (14) unida a dicho rotor (21) también mediante al menos un tirante de sujeción (19).
- 10 17.- Un sistema de propulsión según la reivindicación 16, caracterizado porque la hélice está rodeada, en sentido radial, por un conducto-carena (22).
- 18.- Una nave, caracterizada porque incluye un sistema de propulsión de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-17.
- 15 19.- Una nave según la reivindicación 18, caracterizada porque es una nave acuática.
- 20.- Una nave según la reivindicación 18, caracterizada porque es una nave submarina.
- 20 21.- Una nave según la reivindicación 18, caracterizada porque es una aeronave.

RESUMEN

5 La invención se refiere a una hélice que comprende una base (2, 15) y una pluralidad de palas (1, 14) que se extienden de dicha base de forma inclinada aguas arriba, es decir, en la dirección correspondiente a la dirección de marcha (D1) hacia delante de la nave. Las palas se extienden en una dirección que forma un ángulo agudo  $\alpha$  con la dirección de marcha hacia delante,  $10^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$ .

La invención también se refiere a un sistema de propulsión que incluye la hélice así como a una nave que incluye el sistema de propulsión.

1/5

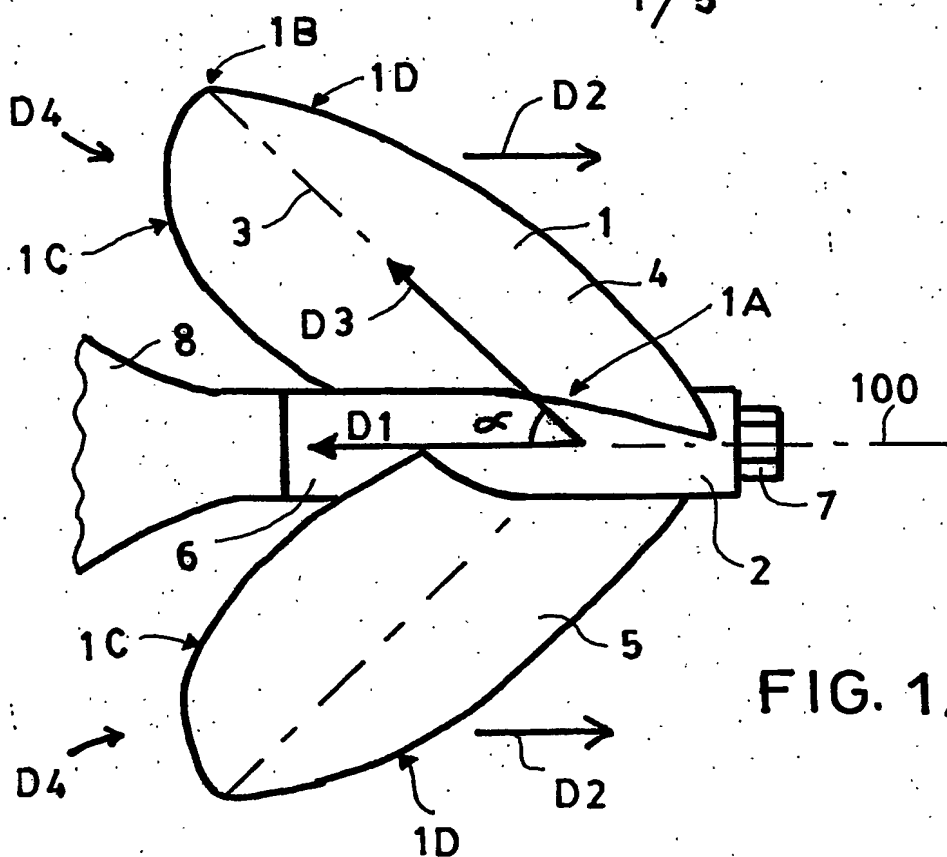


FIG. 1A

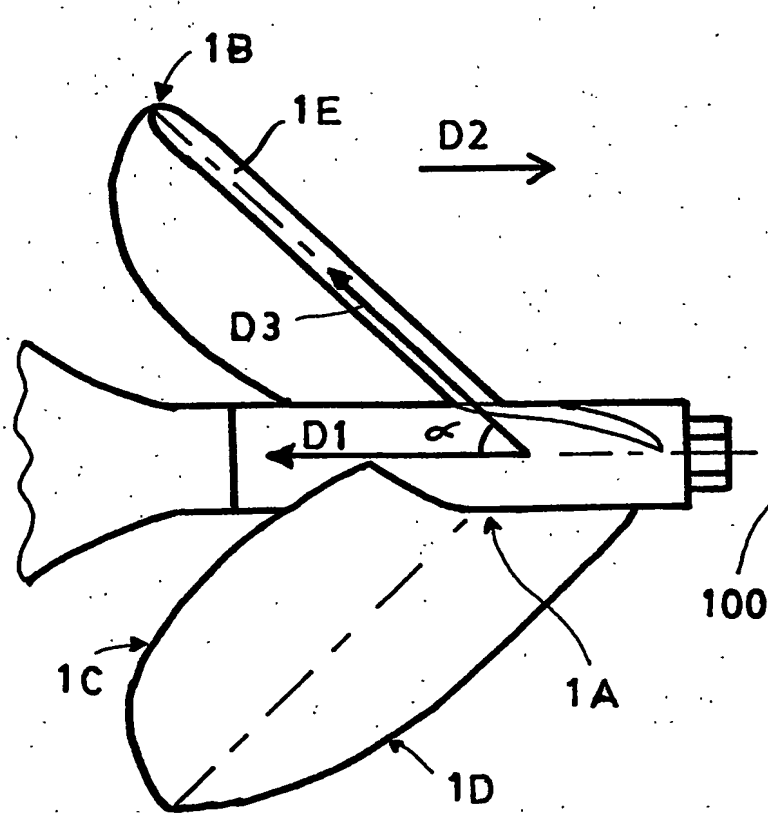


FIG. 1B

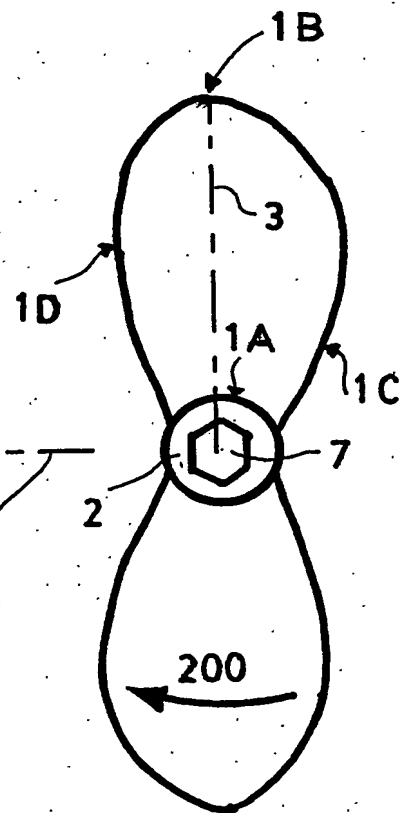


FIG. 1C

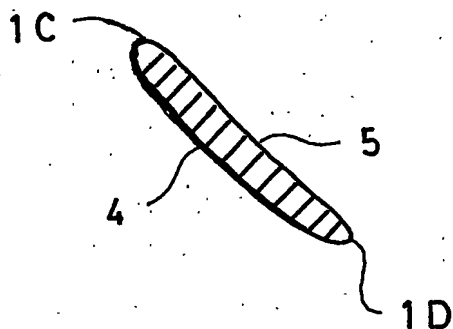


FIG. 2

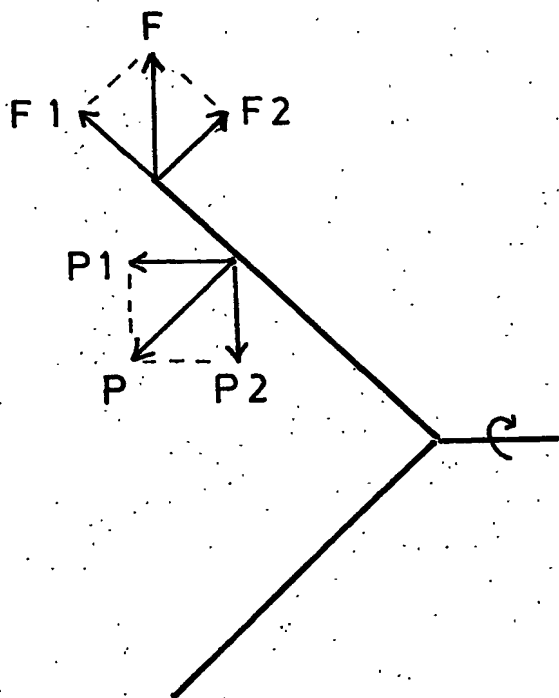


FIG. 3

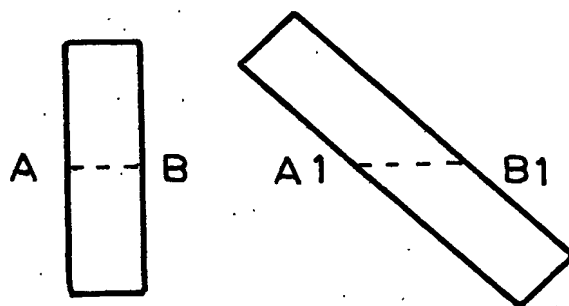
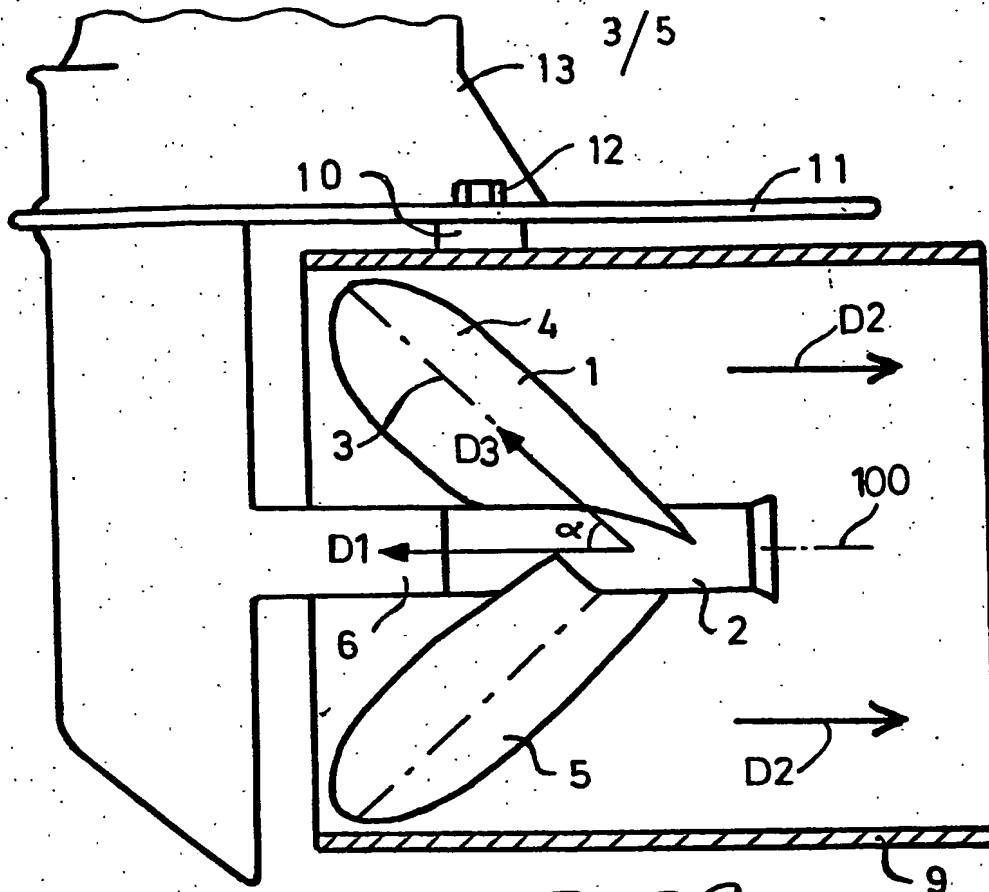


FIG. 4



**FIG. 5**

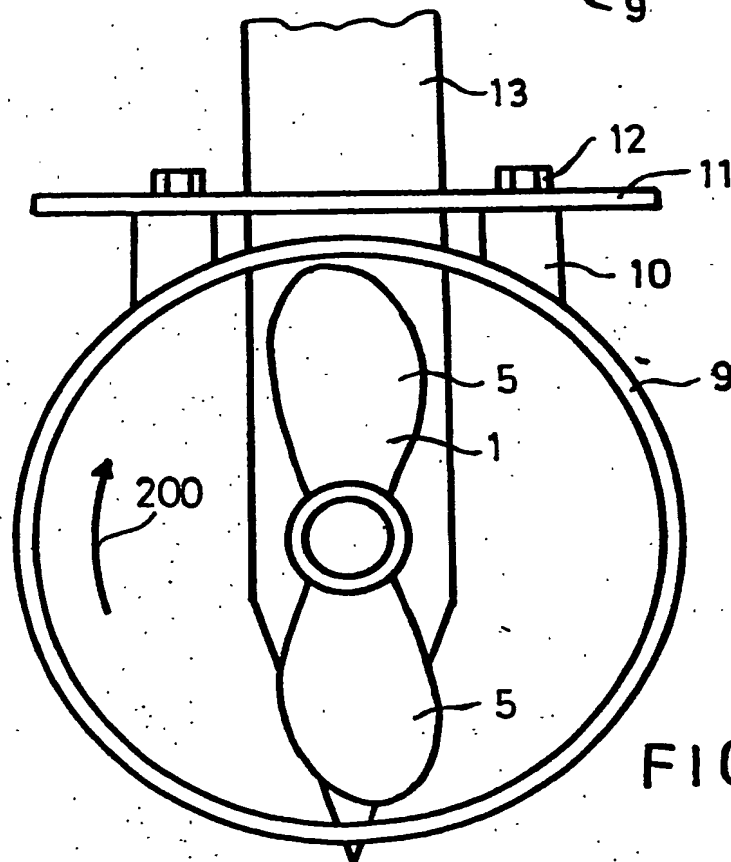
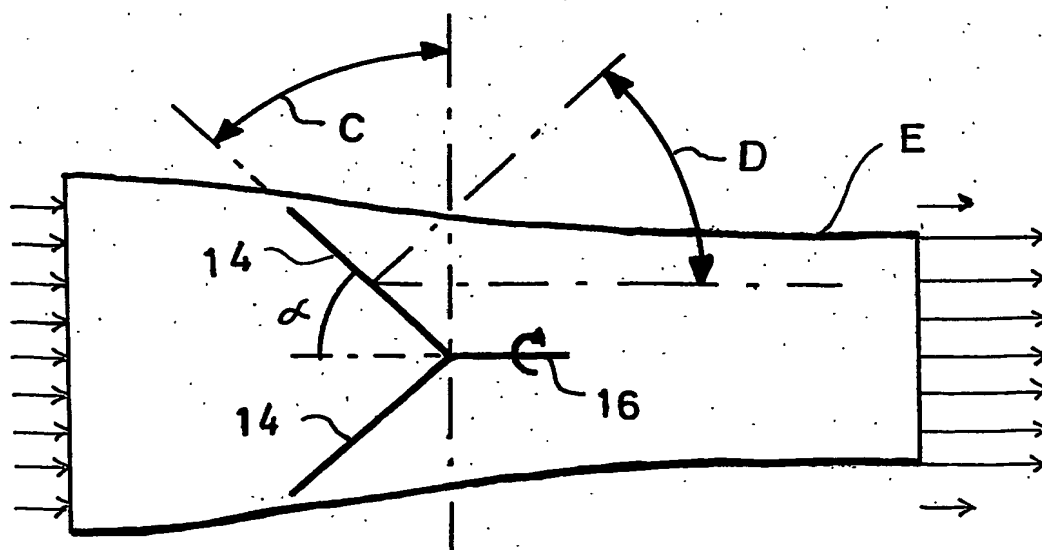
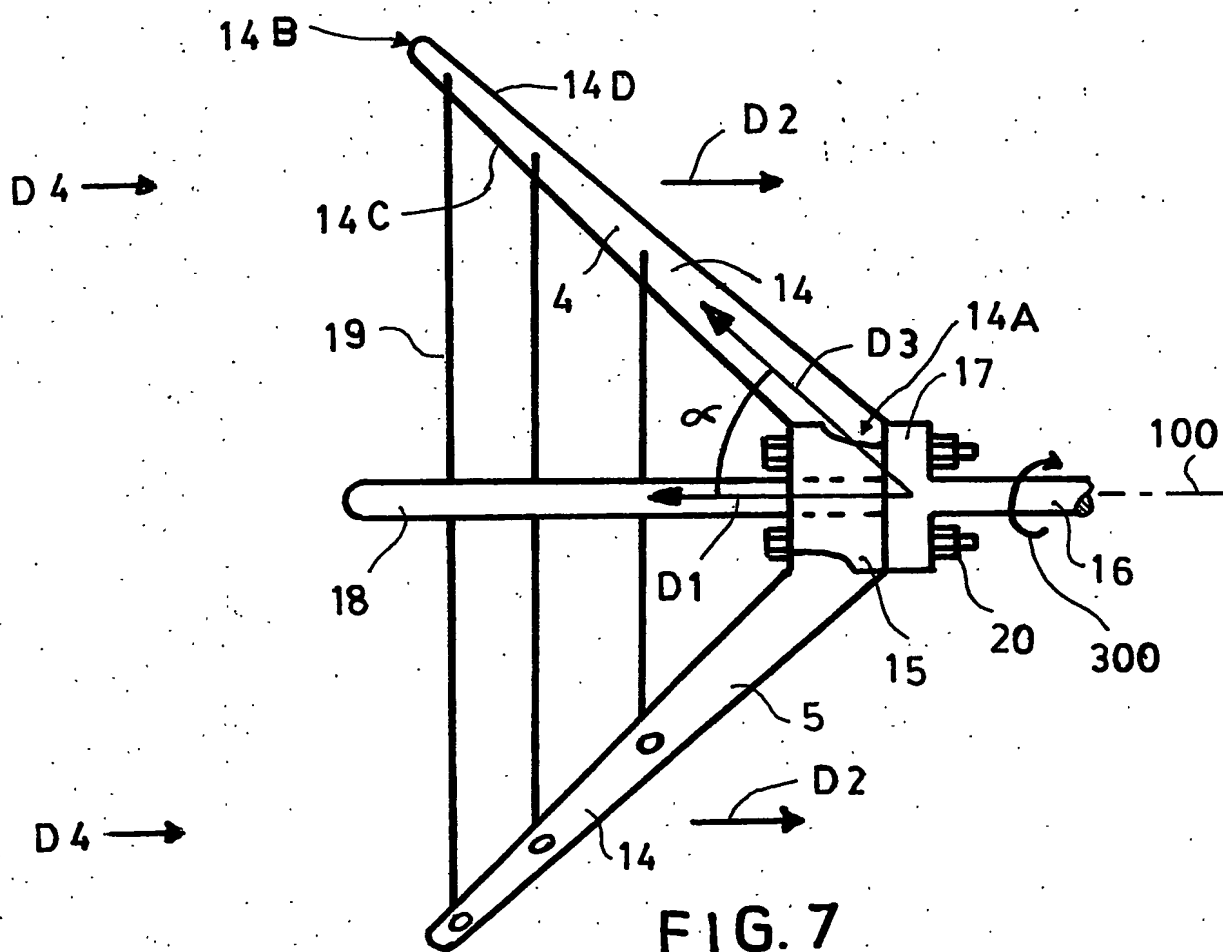


FIG. 6





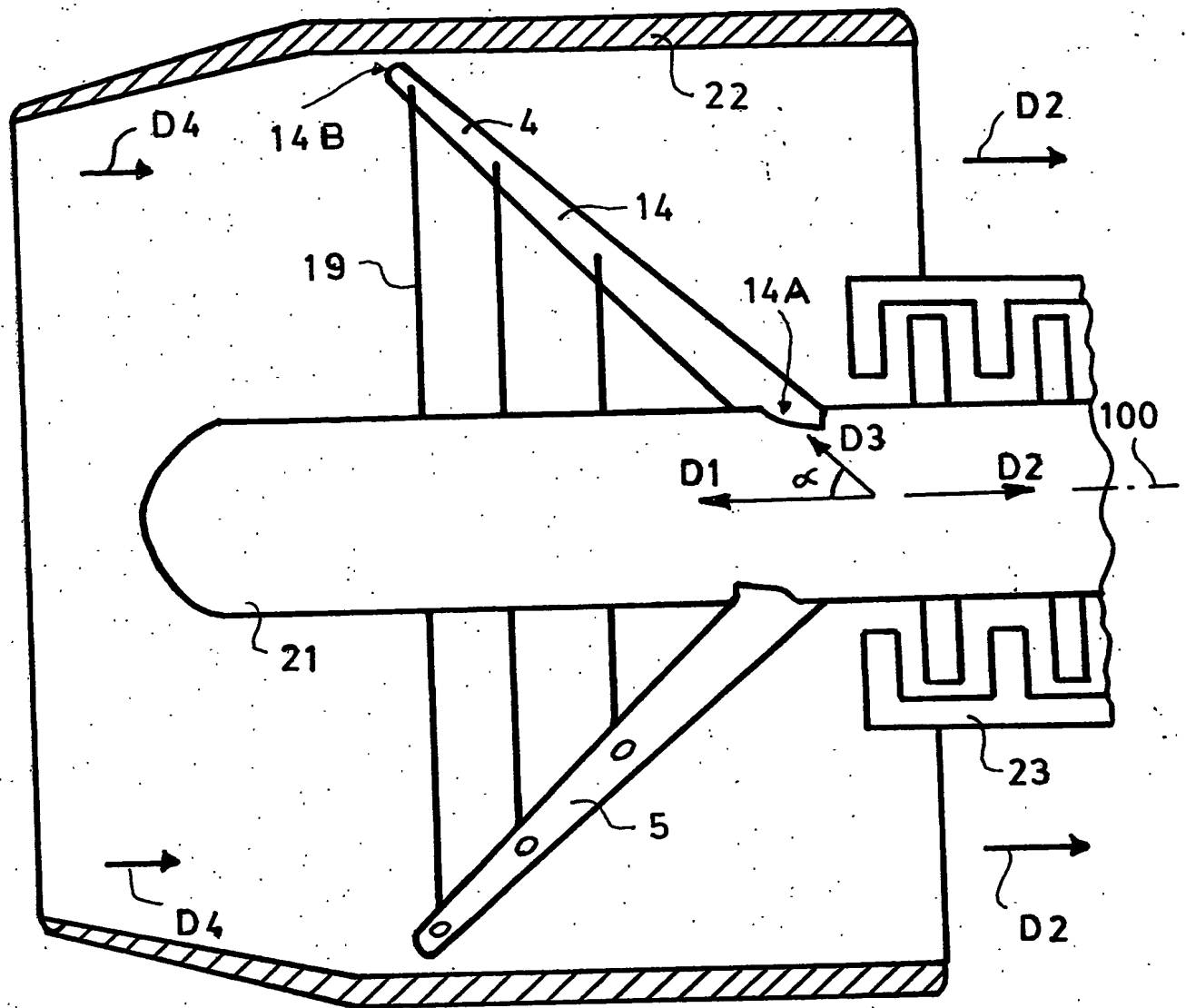


FIG. 9